

Аксенов Сергей Геннадьевич

д-р э.н., профессор

ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»

г. Уфа, Россия

Бикбулатов Артём Артурович

студент

ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»

г. Уфа, Россия

Формирование требований к безопасному выходу персонала из промышленных зданий с прогнозом задымления

Аннотация. В статье рассматривается обоснование требований пожарной безопасности при проектировании путей эвакуации из производственных помещений. Особое внимание уделяется динамике задымления как ключевому фактору, влияющему на безопасность людей. Анализируются методы расчета времени эвакуации и времени блокирования путей дымом. Приводятся рекомендации по учету параметров дыма, таких как оптическая плотность и токсичность. Статья предназначена для специалистов в области пожарной безопасности и проектирования.

Ключевые слова: эвакуация, задымление, пожарная безопасность, проектирование, производственные помещения.

Aksyonov Sergey Gennadievich

Doctor of Economics, Professor

Ufa University of Science and Technology

Ufa, Russia

Bikbulatov Artyom Arturovich

Student

Ufa University of Science and Technology

Ufa, Russia

Formation of requirements for the safe exit of staff from industrial buildings with a forecast of smoke

Abstract. The article discusses the justification of fire safety requirements for the design of evacuation routes from production facilities. Special attention is paid to the dynamics of smoke as a key factor affecting people's safety. The article analyzes methods for calculating evacuation times and smoke blocking times. It also provides recommendations for considering smoke parameters such as optical density and toxicity. The article is intended for specialists in the field of fire safety and design.

Keywords: evacuation, smoke, fire safety, design, industrial facilities.

Проектирование путей эвакуации из производственных помещений требует тщательного обоснования в соответствии с нормами пожарной безопасности. Одним из наиболее опасных факторов пожара является задымление, которое снижает видимость и вызывает отравление продуктами горения. Динамика задымления определяется скоростью распространения дыма, его концентрацией и температурой. При проектировании необходимо учитывать, что эвакуация людей должна завершиться до того момента, когда параметры дымовой среды достигнут критических значений.

Время блокирования путей эвакуации определяется моментом достижения одним из опасных факторов пожара предельно допустимого значения. Для задымления такими факторами являются снижение видимости ниже критической дистанции, повышение температуры до опасного уровня и накопление токсичных газов. Динамика задымления зависит от объема помещения, проемов, системы вентиляции и свойств горящих материалов. Расчет этого времени выполняется с использованием зонных или полевых моделей пожара.

Расчетное время эвакуации складывается из времени обнаружения пожара, времени принятия решения о начале движения и времени движения людей по маршруту. Движение по путям эвакуации характеризуется плотностью потока и скоростью, которые зависят от наличия задымления. При задымлении скорость движения резко снижается, что увеличивает общее время эвакуации. Учет динамики задымления позволяет корректировать параметры путей эвакуации для обеспечения безопасного выхода всех людей [4].

Одним из ключевых требований является ограничение длины пути эвакуации от наиболее удаленной точки помещения до выхода наружу. Длина пути рассчитывается с учетом времени движения в условиях задымления. Если динамика задымления показывает быстрое заполнение помещения дымом, требуется сокращать расстояние до выхода или предусматривать дополнительные эвакуационные выходы. Ширина проходов и дверей также подлежит обоснованию исходя из пропускной способности при задымлении [5].

Для производственных помещений с высокой пожарной нагрузкой или наличием легковоспламеняющихся веществ динамика задымления может быть особенно интенсивной. В таких случаях необходимо применять системы противодымной защиты, такие как дымоудаление и подпор воздуха. Проектирование этих систем должно быть увязано с путями эвакуации. Например, создание незадымляемых лестничных клеток и тамбур шлюзов обеспечивает безопасное движение людей. Обоснование требований включает расчет эффективности этих систем [6].

При моделировании динамики задымления важно учитывать геометрию производственного помещения, расположение технологического оборудования и высоту потолков. Чем выше потолки, тем дольше сохраняется незадымленная зона внизу, что дает время на эвакуацию. Однако при наличии препятствий, таких как балки или подвесные конструкции, распространение дыма может ускоряться. Расчеты проводятся с помощью программных комплексов, например FDS или аналогичных. Результаты моделирования служат основой для принятия проектных решений.

Следует отдельно рассмотреть такое явление, как стратификация дыма. В высоких помещениях дым поднимается к потолку и образует слои различной плотности. Нижний слой может оставаться относительно чистым в течение некоторого времени. Это явление учитывается при обосновании высоты путей эвакуации. Если эвакуационные пути проходят через высокие пролеты, допустимо увеличить расчетное время безопасной эвакуации. Однако при разрушении слоя дым быстро опускается вниз [1].

В производственных помещениях с выделением горючих газов или паров динамика задымления осложняется возможностью взрыва. Взрыв может мгновенно разрушить здание или создать ударную волну. В таких случаях эвакуационные пути должны быть расположены за пределами опасной зоны. Обоснование требований включает анализ сценариев развития пожара. Для помещений категорий А и Б по взрывопожарной опасности предусматриваются дополнительные меры, такие как легкосбрасываемые конструкции и быстродействующие затворы.

Важным аспектом является учет времени обнаружения пожара и срабатывания систем оповещения. Современные автоматические установки пожарной сигнализации способны обнаружить задымление на ранней стадии. Это сокращает время до начала эвакуации. Динамика задымления в первые минуты может быть медленной, что позволяет людям покинуть здание без воздействия опасных факторов. При проектировании путей эвакуации необходимо синхронизировать работу сигнализации с планировкой путей [3].

Нормативные требования к ширине эвакуационных выходов установлены в зависимости от числа эвакуирующихся через данный выход. Однако при сильном задымлении пропускная способность выхода снижается из-за паники и ухудшения видимости. Поэтому расчетная ширина должна иметь запас. Обоснование этого запаса проводится на основе данных о динамике задымления. Для производственных помещений с большим скоплением людей рекомендуется использовать световые указатели и тактильные покрытия на путях эвакуации [7].

Материалы отделки путей эвакуации должны иметь низкую дымообразующую способность. При горении полимерных материалов выделяется большое количество токсичного дыма. Это резко ухудшает динамику задымления. Требования к применению таких материалов устанавливаются в зависимости от класса функциональной пожарной опасности здания. При проектировании производственных помещений следует отдавать предпочтение негорючим или трудногорючим материалам для стен, полов и потолков на путях эвакуации [5].

Расчет динамики задымления часто выполняется для нескольких сценариев пожара. Например, очаг может находиться у выхода или в центре помещения. Наихудший сценарий определяется для каждого конкретного случая. Обоснование требований пожарной безопасности должно опираться именно на этот сценарий. При этом учитывается, что эвакуация возможна в направлении, противоположном распространению дыма. Однако если пути эвакуации ведут через зону задымления, необходимо предусмотреть защиту, например, дымовые завесы.

Для помещений с постоянным присутствием людей критическое значение видимости в дыму принимается равным двадцати метрам. При меньшей видимости люди теряют ориентацию и не могут найти выход. Динамика задымления определяет момент, когда видимость падает ниже этого порога. Время достижения такого порога должно превышать расчетное время эвакуации. Если это условие не выполняется, требуется изменение планировки путей эвакуации, например устройство дополнительных выходов или увеличение ширины проходов [2].

При проектировании эвакуационных путей в многоэтажных производственных зданиях особое значение имеет лестничная клетка. Она должна быть незадымляемой. Для этого предусматривается подача воздуха в лестничную клетку или устройство дымоудаления из коридоров. Динамика задымления в коридорах и холлах влияет на возможность выхода к лестнице. Расчеты показывают, что при правильно спроектированной системе дымоудаления время блокирования путей увеличивается в несколько раз по сравнению с ситуацией без защиты [3].

Использование эвакуационных знаков и аварийного освещения является обязательным. Однако при плотном дыме свет от знаков может рассеиваться и становиться незаметным. Поэтому знаки должны иметь высокую яркость и контрастность. Динамика задымления учитывается при выборе мест установки знаков. Их следует размещать на высоте, не превышающей один метр от пола, так как в нижней зоне задымление нарастает медленнее. Это повышает вероятность обнаружения знака эвакуирующимися людьми.

Для производственных помещений с большими пролетами и высокой степенью задымления может применяться концепция защищенных зон безопасности. Такие зоны представляют собой помещения с подпором воздуха, где люди могут укрыться до прибытия пожарных. Пути эвакуации должны вести в эти зоны. Обоснование требований включает расчет времени заполнения дымом основного помещения и времени достижения критических параметров в зоне безопасности. Данный подход часто используется для помещений, где полная эвакуация затруднена [3].

Немаловажным фактором является психологическое состояние людей во время пожара. При задымлении возникает страх и паника, что снижает скорость движения и увеличивает вероятность давки. Динамика задымления влияет на нарастание паники. Чем быстрее распространяется дым, тем менее организованной становится эвакуация. Поэтому

при проектировании путей эвакуации необходимо предусматривать достаточную ширину проходов и отсутствие тупиков. Также рекомендуется проводить тренировки по эвакуации для персонала [4].

В заключение следует подчеркнуть, что обоснование требований пожарной безопасности при проектировании путей эвакуации из производственных помещений невозможно без учета динамики задымления. Только комплексный подход, включающий расчеты времени блокирования и времени эвакуации, моделирование различных сценариев и учет специфики производства, позволяет создать надежную систему эвакуации. Нормативные требования должны применяться гибко с корректировкой на результаты моделирования. Это обеспечит защиту жизни и здоровья людей при пожаре.

Для практической реализации описанных подходов проектировщику необходимо использовать сертифицированные программные продукты. К таким продуктам относятся системы CFD моделирования, позволяющие визуализировать динамику задымления. Результаты моделирования представляются в виде графиков и анимации. На их основе принимаются решения о необходимости установки дымоудаления, изменении планировки или усилении защиты путей эвакуации. Обоснование требований должно быть документально оформлено и включено в раздел проекта «Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности».

Таким образом, правильное обоснование требований пожарной безопасности к путям эвакуации с учетом динамики задымления является залогом успешной эвакуации людей из производственных помещений. Пренебрежение этим аспектом приводит к трагическим последствиям, что подтверждается анализом реальных пожаров. Поэтому каждый случай проектирования требует индивидуального подхода и тщательных расчетов. Надеемся, что данная статья будет полезна специалистам в области пожарной безопасности и проектирования производственных объектов.

Список источников

1. Аксенов С.Г., Вахитова Л.Ф., Жданов Р.Р., Михайлова В.А. Исследование мероприятий по повышению пожаробезопасности производственных объектов // Современные наукоемкие технологии. 2022. № 10-1. С. 64-68.
2. Аксенов С.Г., Мугинова Е.Р. Система управления пожарной безопасностью на нефтеперерабатывающих заводах: интеграция прецедентов и поддержка принятия решений // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2025. № 2-2. С. 48-53.
3. Барыкин К.К. Пожарная безопасность электроустановок. Уфа: УГАТУ, 2016.
4. Казакова В.А., Кривцов А.В. Комплексная безопасность общественных зданий повышенной этажности // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. № 4. С. 194-208.
5. Кононенко Е.В., Мокроусова О.А., Черкасский Г.А. и др. Развитие понятия риска в сфере управления безопасностью на современном этапе. Практические аспекты // Техносферная безопасность. 2022. № 1. С. 24-28.
6. Костерин И.В. Экспертный метод оценки пожарной опасности multifunctional общественных зданий // Технологии техносферной безопасности. 2011. № 2. С. 1-5.
7. Перминов Е.М. Обеспечение пожарной безопасности высотных зданий // Инженерные исследования. 2021. № 3. С. 15-21.